

الباب الأول

أزمة الماء العالمية

مصادر ماء الأرض

قبل الحديث عن أزمة الماء العالمية يجدر التعرف على بعض المقاييس التي تستخدم لتوضيح العلاقة بين السطح المائي وسطح اليابس وكذلك إنتاج المحاصيل ووحدات القياس وهي كالتالي:

١. واحد كم^٣ - واحد مليار م^٣ من الماء = واحد مليار طن من الماء.
٢. واحد م^٣ من الماء = واحد ألف كم^٣ = واحد طن من الماء.
٣. واحد جيجا لتر = واحد مليار لتر = واحد مليون م^٣ - واحد مليون طن ماء.
٤. واحد كم^٢ = ١٠٠ هكتار = ٢٤٧ أكر = ٠,٣٨٦ ميل^٢.
٥. واحد هكتار = ١٠ آلاف م^٢ = ٢,٤٧ أكر = ٢,٣٨ فدان = ٠,٠٠٤ ميل^٢.

يتكون سطح الكرة الأرضية من سطح اليابس والسطح المائي. تبلغ مساحة السطح الكلي للأرض ١٩٧ مليون ميل مربع (٥١٠.٣٦٢٦٩ مليون كم^٢)، بينما تصل مساحة السطح المائي ١٤١ مليون ميل مربع من الماء (٣٦٥,٢٨٤٩٧ مليون كم^٢) بنسبة تصل إلى ٧٥,٥٧% من المساحة الكلية للكرة الأرضية ومساحة سطح اليابس ٥٦ مليون ميل مربع (١٤٥ مليون كم^٢) بنسبة تصل إلى ٢٩% من سطح الأرض (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

إن كان الماء يغطي سطحاً واسعاً من الأرض فإنه كذلك يتعمق بالأرض بمقدار كبير وتختلف أعماق الماء في المحيطات إلا أنها تبلغ في المتوسط نحو ١٣ ألف قدم. يغطي الثلج جزءاً كبيراً من سطح الأرض يبلغ ٥,٦ مليون ميل مربع (١٤,٥ مليون كم^٢) أو نحو ١/١٠ مساحة سطح اليابس. ويوجد الثلج بصورة دائمة في القطبين وبالقرب منهما وعلى الجبال المرتفعة بالمناطق المختلفة من العالم. ويوجد قدر كبير من الثلج بالعالم وإذا قدر لهذا الثلج أن يتوب لارتفاع سطح الماء عن سطح البحر بمقدار يتراوح ما بين ٤٨ - ٦٠ متر.

صور الماء في الطبيعة

تتعدد صور الماء في الطبيعة فتوجد في صورة صلبة كما في ثلج قمم المرتفعات وعند سطح البحر أو بالقرب منه في المنطقتين القطبيتين وبالقرب منهما، وفي صورة سائلة في الأنهار والمحيطات وطبقات الأرض والكائنات الحية، وفي صورة غازية كما هو الحال في بخار الماء الموجود في الطبقات السفلى والعلوية من سطح الأرض.

دورات الماء في الطبيعة

يتحول الماء من صورة إلى أخرى ويظل مقداره ثابتاً، ينصهر الثلج ويتحول إلى ماء ويتبخر الماء ويتصاعد في صورة بخار ماء بالجو ولا يلبث أن يتكاثف البخار ليعود إلى الأرض في صورة مطر أو برد أو ثلج لتبدأ دورة الماء من جديد وهكذا.

تتصاعد كميات كبيرة من بخار الماء إلى الجو إذ يبلغ مقدار الماء المتبخر من سطح الأرض والذي يبلغ سطحه المائي ١٤١ مليون ميل مربع قدراً يزيد عن ٣٦٠ مليار طن من الماء في الساعة، وتتكون السحب من بخار الماء المتصاعد، ولا يلبث أن يتكثف الماء بمقابلة السحب لجسم بارد فيسقط الماء، وقد يستقر الماء حيث يسقط ثم يتبخر في الجو وهكذا تتم دورة الماء في فترة قصيرة وتسمى دورة الماء القصيرة.

أما دورة الماء الطويلة فينحدر الماء الساقط على منحدر إلى أدنى مستوى يحده ويسير الماء الذي قدر له أن يتخلل طبقات الأرض في رحلة قد تقصر أو تطول حسب ما يتعرض له من ظروف فقد تكون قصيرة إذا امتصته جذور النباتات حيث تفقد النباتات الماء سريعاً بالنتح والتبخير، وقد تطول الرحلة إذا نفذ الماء خلال طبقات

الأرض إلى طبقات مسامية حيث يجري أفقياً عليها ويختلف طول الرحلة فقد تمتد لمئات الأميال قبل أن يأخذ الماء طريقه إلى سطح الأرض في عيون ونباتات وقد يستقر الماء في طبقات الأرض إلى مائتي سنة الله له وتسمى حينئذ بدورة الماء الطويلة.

ويهتم المشتغلون بالزراعة بدورة المطر السنوي لأهمية هذا الماء في الإنتاج الزراعي ويبلغ مقدار ماء المطر السنوي بالعالم نحو ٨٩ مليون قدم/إكبر. ويبلغ مقدار المطر السنوي نحو ٢٠٥ أمثال محتوى الرطوبة بالغلاف الجوي ونحو ١٣,٥ أمثال مقدار الماء المخزن بالأرض (مرسي ونور الدين ١٩٧٧).

كمية الماء بالعالم

تقدر كمية الماء بالعالم بما في ذلك المياه الجوفية على عمق ١٢,٥ ألف قدم من سطح الأرض بنحو ١٦٥ تريليون (١٦٥×١٢^{١٠}) قدم/إكبر. وتبلغ نسبة الماء بالمحيطات والبحار نحو ٩٣% من هذا المقدار. ومعظم المياه بالعالم مالحة وتختلف الملوحة في المحيطات إذ تتراوح من ٣٢ في المناطق القطبية إلى أكثر من ٤٠ في الألف في البحر الأحمر. ولا يشكل الماء العذب الصالح للزراعة سوى نسبة قليلة من مقدار الماء بالعالم إذ تبلغ نسبة الماء العذب نحو ٧% يتوزع بمقدار ٥% كماء أرضي، ٢% في الثلج القطبي والثلجات من مقدار الماء بالعالم، يتصاعد نحو ٤/٥ مقدار الماء الساقط على سطح الأرض إلى الغلاف الجوي في عملية التبخر والنتح ويتدفق الخمس الباقي في أنهار على سطح الأرض باستثناء كميات قليلة نسبياً من الماء تحتفظ بها الأرض.

وهذه الأرقام تميل إلى التغير تبعاً للاكتشافات الحديثة مثل حجم المسطحات المائية والماء المرتبط في أعماق الصخور العميقة وتأثيرات التغيرات المناخية على ذوبان الجليد بالثلجات والقطب الشمالي والجنوبي وما يعرف ببصمة الماء.

لقد ذكر كل من Mckonnen and Hoekstra (2011) في دراسة عن كمية الماء بالعالم في الفترة الممتدة من ١٩٩٦-٢٠٠٥ ممثلة في بصمة الأنواع المختلفة من الماء (الأخضر، الأزرق والرمادي) بلوغها ٧٤٠٤ جيجا م^٣/سنة وأن أكبر نسبة كانت لبصمة الماء الأخضر (الأمطار) حيث وصلت إلى ٧٨% ولبصمة الماء الأزرق (الماء السطحي أو الجوفي) ١٢% والتي تمتد الزراعة بالري الصناعي وهو المصدر

الوحيد تقريباً حيث ندرة تساقط الأمطار بالمناطق الجافة وشبه الجافة كما هو الحال بمصر، وبصمة الماء الرمادي التي تبلغ ١٠% وهو الماء الذي يستخدم في التخلص من ملوثات بقايا التسميد النيتروجيني (لم يأخذ في اعتباره ملوثات بقايا أسمدة المحاصيل الأخرى والمبيدات).

تتكاتف جميع الموارد الطبيعية الموجودة على سطح الكرة الأرضية وفي أعماق البحار والمحيطات للإبقاء على الحياة في الكرة الأرضية متمثلة في الأشعة الضوئية والغازات الكثيفة أعلى وأسفل الغلاف الجوي والتي تنوب في الماء للحفاظ على الحياة المائية مثل الأكسجين الذي يستخدم في التنفس الهوائي و ثاني أكسيد الكربون الذي يستخدم في عملية التمثيل الضوئي، وغاز النيتروجين والذي يوجد كأعلى نسبة غاز في الهواء الجوي ويثبت في التربة في صورة نترات بواسطة الكائنات الحية الدقيقة بالإضافة إلى العناصر الصغرى والكبرى التي يحتاج لها النبات والحيوان مثل عنصر المغنسيوم الذي يقوم بامتصاص الأشعة الشمسية في عملية التمثيل الضوئي وكذلك عنصر الحديد والذي يدخل في جزيء الهيموجلوبين بدم الثدييات والذي ينقل الأكسجين لخلايا الجسم. وتستمد الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش مع النباتات أسفل سطح التربة الحياة من خلال المصادر الطبيعية كالضوء والهواء ومن التربة بالإضافة إلى التغذية الذاتية بتوفير المخلفات وبقايا الكائنات الحية والميثة للحصول على الكربون والنيتروجين والفسفور وغيرها من العناصر الأخرى.

وبالنظر للبحار والمحيطات نجد أن الأسماك وغيرها من اللافقريات يمكنها أن تعيش على أعماق بعيدة من السطح يصل عمقها إلى إحدى عشر كيلومتر، تعتمد في حياتها على عملية التمثيل الضوئي التي تتم في أنسجة البلانكتون الموجودة على قمة المسطحات المائية. وتنقل الكائنات الحية الدقيقة وجراثيمها من خلال انسياب الماء بالأرض والبحار والمحيطات إلى أماكن بعيدة للغاية.

أبعاد الأزمة العالمية للماء

إن الأزمة العالمية للماء قد وصلت إلى أبعاد خطيرة على المستوى العالمي إلى الحد الذي بدأ يشعر به الإنسان في منزله حيث قلت المياه التي يحصل عليها العديد من البشر في الكثير من البلدان، مما دعى المتخصصون إلى التفكير والدراسة للخروج من هذه الأزمة مع التركيز على المياه العذبة على وجه الخصوص.

ولقد ذكر (Gleick, 2000) زيادة معدل سحب الماء العذب بحوالى سبعة أضعاف خلال القرن العاشر ومن المتوقع استمرار الزيادة فى سحب الماء العذب بزيادة تطور العادات الغذائية واستمرار الزيادة السكانية خلال العقود التالية (Liu et al, 2008) مما سيؤدى إلى استعمال المزيد من الماء العذب ولقد ذكر (Perry 2007) أن المقصود هنا بالماء المستهلك من الماء العذب الذى تم استعماله فى فترة زمنية معينة من حوض من أحواض الأنهار والذى يشير الى عدم قابليته للاستفادة مرة أخرى بعد استعماله لأغراض مختلفة لتعده فى عملية البخر. ولقد أضاف أن الماء المستخدم فى قطاع الزراعة يستهلك ٨٥% من استهلاك الماء العذب للكرة الأرضية.

تقد بلغ تعداد سكان الأرض فى وقتنا المعاصر (٢٠١١) حوالى سبعة مليارات من البشر، ٤٠% من تعدادهم يعانون من أزمة حادة فى المياه متوقع زيادتها عن ذلك فى المنظور القريب. إن أكثر من مليار من البشر لا يتوافر لهم القدر الكافى من المياه، وأكثر من ٢.٥ مليار لا تتوافر لديهم المياه الصحية غير الملوثة والتي تسبب لهم ملايين الأمراض والتي تكون سببا فى وفيات آلاف الأطفال كل عام.

إن ملايين الأجناس من البشر والتي تعيش على سطح الكرة الأرضية لها الحق فى الحصول على المياه العذبة والنقية من تلك المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية بكميات كافية من المصادر الطبيعية كالبحيرات والأنهار والسحب وغيرها.

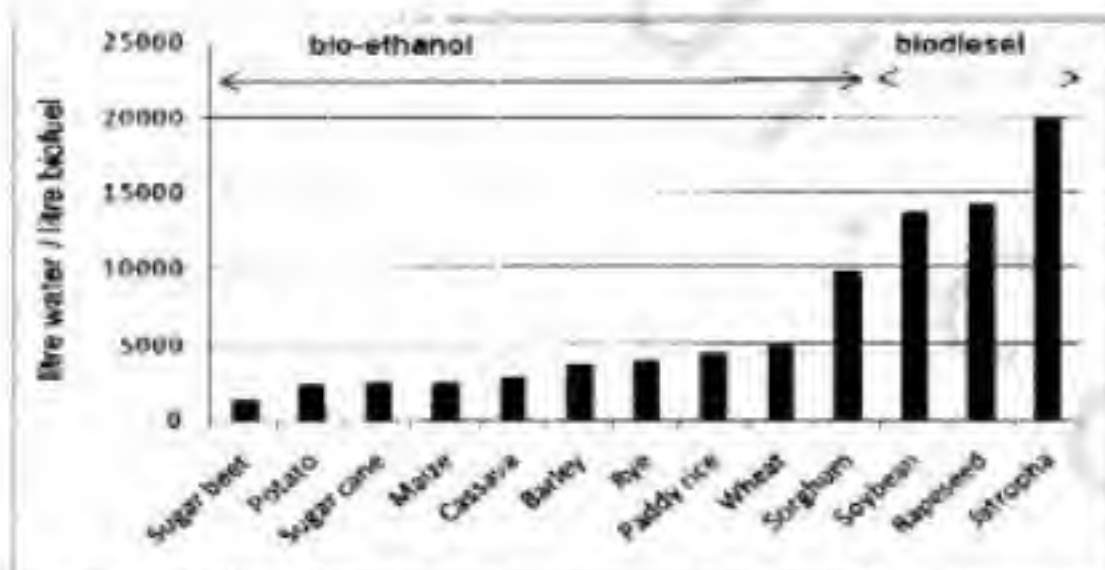
يستخدم البشر أكثر من ٣ آلاف كم^٣ من المياه العذبة سنويا (٣ تريليون م^٣ من الماء حيث كم^٣ - مليار م^٣ من الماء)، هذا القدر من المياه يساوى ضعف حجم المياه الموجود فى بحيرة أونتاريو. ويتزايد الطلب على الماء العذب فإن الإمداد المائى سيتضاءل الى أن يصل الى ثلث ما هو عليه الآن وبذلك سيزداد التنافس عليه وتكون الغلبة للأقوى والأغنى فى السيطرة على ماء الأرض.

نصيب القطاعات المختلفة من المياه

بأخذ قطاع الزراعة نصيباً كبيراً من المياه العذبة حيث تبلغ نسبته ٧٠-٨٥% من مجموع المياه العذبة المستعملة وهذه النسبة تتزايد باستمرار التوسع الزراعى والزيادة السكانية. ويزداد نصيب القطاع الصناعى باستمرار حيث من المتوقع أن تصل نسبته إلى ٢٥% من مجموع حجم المياه العذبة بالعالم بحلول عام ٢٠٢٥ بما

سيؤدي إلى صعوبة وجود قدر كافٍ للاستهلاك الأدنى بالمعدن حيث يعيش حالياً نصف تعداد سكان الأرض، والمتوقع أن تصل هذه النسبة إلى ٢/٣ تعداد سكان العالم بحلول عام ٢٠٥٠. إن رجال الأعمال والأغنياء من البشر وعلى الأخص حين تزواج رأس المال مع السلطة تكون لهم الغلبة في الجور على حقوق الآخرين من المصادر الطبيعية ومخبرها مما يؤدي إلى استهلاك المياه المحدودة في المنتجعات السياحية وفي ملاعب الجولف التي تستهلك كميات كبيرة من المياه العذبة المحدودة ويؤثر على حياة وصحة غيرهم، وتكون النتيجة وضع في غاية الحرج بأماكن كثيرة ويحمل في طياته الكثير من الأخطار. حتى بفرض عدم حدوث التغيرات المناخية التي ستؤدي إلى إحداث أضرار أكثر من ذلك بكثير.

والمشكلة الحالية الآن والتي ستؤدي إلى التأثير الكارثي على كميات إنتاج المحاصيل الزراعية هو استمرار ارتفاع أسعار برميل البترول مما أدى إلى اتجاه الدول الكبرى بدلاً من تصدير الفائض من المحاصيل الإستراتيجية إلى الدول التي تعاني من عدم الاكتفاء الذاتي من هذه المحاصيل إلى استخدامها في إنتاج الوقود الحيوي الذي يساهم إنتاجه بقدر أكبر في استهلاك الماء المحدود بالإضافة إلى تفاقم أزمة الغذاء العالمي. ويوضح شكل (١-١) كمية المياه التي يتم استخدامها في صورة بصمة مائية محسوبة باللتر لإنتاج لتر واحد من الوقود الحيوي من بعض المحاصيل سواء كان ذلك في صورة إيثانول حيوي أو ديزل حيوي.



شكل (١-١): كمية المياه المستخدمة في صورة بصمة مائية محسوبة باللتر لإنتاج لتر واحد من الوقود الحيوي من محاصيل مختلفة

يتضح من الشكل أن محاصيل الشعير والراى والأرز البادى Paddy rice والقمح تستهلك نفس كمية الماء تقريبا لإنتاج الوفود الحيوى وتصيح الأفضلية للأرخص فى الإنتاج ويستبعد القمح لأهميته فى الغذاء العالمى. وتستهلك محاصيل البطاطس وقصب السكر والذرة الشامية كميات قليلة من الماء لإنتاج كميات قليلة أيضا من الوفود الحيوى، على حين أن الذرة الرفيعة وفول الصويا والشلجم والجاثروفا تنتج الوفود الحيوى باستهلاك قدر مرتفع من الماء ولا شك أن ذلك يوضح بجلاء خطورة استخدام المحاصيل الغذائية واستهلاك الماء فى إنتاج الوفود الحيوى.

تلوث المياه العذبة

يعتبر تلوث المياه من الأمور الشديدة الخطورة على استخدام وكمية المياه العذبة حيث يؤدى سوء إدارتها فى العديد من البلدان إلى تحويلها إلى مياه غير صالحة للاستخدام الأدمى ولا حتى الاستخدام الزراعى، فقد تتدخل المياه المالحة مع إمدادات المياه العذبة الثمينة للمياه الجوفية فى المناطق المتاخمة لشواطئ البحار والمحيطات عند سحب كميات زائدة من المياه الجوفية أكثر مما ينبغى، وقد يحدث التلوث نتيجة لعمليات حفر الآبار فى الصخور الملوثة بعناصر الزرنيخ أو الفلور أو يتراكم الأملاح بالتربة نتيجة لعمليات الري غير المصاحبة بعمليات الصرف الجيد مما يؤدى إلى رفع مستوى الماء الأرضى وزيادة عمليات البخر من سطح التربة وعلى الأخص فى المناطق الجافة وشبه الجافة مما يزيد من فائزرة بضمنة الماء الرمادى. وقد يتم إلقاء مياه الصرف الزراعى فى الأنهار والتي تحوى على بقايا الأسمدة والمبيدات والكائنات الحية أو مخلفات الصرف الصحى أو إلقاء الحيوانات النافقة فى الأنهار.

يتكون النظام البيئى من المزارع، الحدائق، النباتات، الغابات، البحار والمحيطات لذلك فإن إدارة المزارع والغابات والحياة البرية والمزارع السمكية والشعاب المرجانية وغيرها تدخل أساسا فى إدارة النظم البيئية. لذلك فإن الملامح الأساسية للبيئة تتضمن قدرتها على الاستجابة بمرونة للظروف الجديدة التى تطرأ عليها نتيجة للتغيرات المناخية والمتطلبات الجديدة للإنسان مساوية فى الأهمية لقدرتها على الاستشفاء من الإجهادات والصدمات البيئية مثل الجفاف، الفيضان، التلوث، الحروب والنيران.

بالإضافة إلى قدرتها على الإمداد بالمنتجات والبضائع والخدمات البيئية ويعتبر الإمداد بالماء ومدى نقاوته وإستمراريته أكثر هذه العوامل حيوية.

وتتضمن إدارة المزارع عمليات تلقيح النباتات وعمليات المقاومة الحيوية للأفات وتربية وإنماء وتغذية وإيواء الأسماك في الأماكن الطبيعية والمزارع السمكية أثناء عملية التربية. لذلك فإن النظم البيئية السليمة والصحية تعتمد أساساً على الإمداد بالماء النقي العذب، من هنا فقد كانت إساءة استعمال الماء لعشرات من السنين سبباً في حدوث أزمة ندرة المياه وتوزيعها وجودتها الآن بجميع أنحاء العالم.

أثر التغيرات المناخية على الموارد المائية

يتميز كوكب الأرض ببرودة درجة حرارته ويؤدي التوازن بين طاقة الشمس الساقطة والطاقة المنبعثة من العمليات الكيميائية والطبيعية إلى رفع درجة حرارتها أو زيادة برودتها. ويتم ذلك من خلال دورات مناخية متعاقبة طويلة خلال عقود تاريخية طويلة متعاقبة إلا أن نشاط الإنسان على سطح الكرة الأرضية قد أدى إلى حدوث خلل في منظومة هذه الدورات تبعه رفع درجة حرارة الأرض خلال الثلاثين عاماً الماضية من خلال ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري وفيها تزداد الغازات الحابسة للحرارة بالجو مما يعمل على تكوين غلاف من هذه الغازات حول الأرض يشبه الصوبة. هذه الغازات تتميز بالقدرة العالية على امتصاص الحرارة المنعكسة من الأرض والاحتفاظ بها لفترة طويلة ثم رجوعها مرة أخرى للأرض مما يعمل على رفع درجة حرارتها، وبعد غروب الشمس ينطلق جزء من الحرارة التي اكتسبتها الأرض من الشمس على صورة أشعة تحت حمراء. ويجدر القول أن هذه الظاهرة طبيعية وبدونها تنخفض درجة حرارة الأرض إلى الحد الذي لا يمكن من الحياة على سطحها.

ونتيجة للأنشطة الإنسانية المتعددة وتدخل الإنسان بسلوكه المدمر للبيئة بحرق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات الاستوائية وحرق الكتلة البيولوجية مثل الأشجار والنباتات والمخلفات الحيوانية والتفاعلات الميكروبية في المياه والتربة والأنشطة الصناعية وغيرها فقد تسبب ذلك في زيادة تركيز الغازات الحابسة للحرارة في الجو بالدرجة التي أحدثت تغييراً في نظام دورة المناخ في العالم مثل ثلثي أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز، الهيدروكلوروفلوروكربونات، البروفلوروكربونات، سداس

فلوريد الكبريت بالإضافة الى مجموعة الغازات المؤدية إلى تآكل طبقة الأوزون التي تحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية.

وتعتبر مصر من أكثر دول العالم تضرراً من التغيرات المناخية رغم أن انبعاث غازات الاحتباس الحراري لا يمثل فيها سوى ٠,٥٧% من إجمالي انبعاثات العالم.

ولما كانت هذه الظاهرة تؤثر على التنوع البيولوجي والزراعة وهطول الأمطار وارتفاع أسطح البحار وغرق البلدان الجزرية والدلتاوات لذلك فقد تم رصد بعض الظواهر المتعلقة بهذه الظاهرة في مصر فيما يلي:

١ - ارتفاع سطح البحر: إن المناطق الساحلية هي أكثر المناطق تأثراً حيث أن ارتفاع سطح البحر من المتوقع زيادته بمقدار يتراوح ما بين ٢٥-١١٠ سم خلال القرن الحالي وفي حالة زيادته إلى ما يتراوح بين ١٠٠-٢٠٠ سم فسيتم تدمير ٢٥% من مساحة الأرض الزراعية في الدلتا وهجرة ٨ مليون من البشر، وكذا هبوط الأرض Land Subsidence وقد تم قياسها على مدى حوالي الخمسة عقود الماضية حيث وجد أنها حوالي ٢ مم/عام بالإسكندرية، ٤ مم/عام في بورسعيد، وتآكل الشواطئ Coastal Erosion والتي تنتج من إزاحة الرمال تدريجياً من إحدى المناطق وترسيبها في منطقة أخرى، وقد زاد معدل هذه الظاهرة بعد إنشاء السد العالي. وأكثر المناطق تأثراً هي محافظات الإسكندرية والبحيرة ومنطقة جنوب بحيرة البرلس وجنوب بحيرة المنزلة، وينتج عن تلك تغلغل المياه المالحة وارتفاع منسوب المياه الجوفية وامتداد تملح الأراضي وتطبيلها وفقدان إنتاجيتها تدريجياً.

٢ - مصادر المياه: تعتمد مصر في مصادر المياه على نهر النيل، المياه الجوفية الموجودة أسفل الدلتا والوادي وصحراء سيناء والصحراء الشرقية والصحراء الغربية، والأمطار القليلة التي تتساقط على الساحل الشمالي ويعتبر نهر النيل المصدر الرئيسي للمياه في مصر حيث يمثل ٩٥% من مصادر المياه (٥٥,٥ مليار م^٣ سنوياً) وتستهلك الزراعة حوالي ٨٠,٦% من مصادر المياه وتمثل أمطار الحيشة الجزء الأكبر من مصادر نهر النيل حيث تبلغ حوالي ٨٥% بينما تمثل أمطار البحيرات الاستوائية ١٥% من هذه المياه. ورغم أن عدم دقة نماذج

الدورات الكونية في التنبؤ بكمية المياه في حوض النيل إلا أن المؤشرات تدل على خطورة النقص المتوقع نتيجة لتغير درجات الحرارة في الحوض حيث سيؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة عمليات البخر وبالتالي الضغط على موارد مياه الزراعة والصناعة والاستخدام الأدمى، وتغير معدلات وأماكن سقوط الأمطار ومواسمها مما يؤدي إلى فقدان كميات من الأمطار كانت تستغل في الزراعة والإستهلاك الأدمى في الساحل الشمالى، وزيادة الأتربة والملوثات الصناعية مما سيؤدي إلى تدهور نوعية المياه الجوفية في الآبار الضحلة بالمناطق الساحلية.

٢- الزراعة والثروة الحيوانية والسكنية: إن الزراعة تمثل عماد الثروة القومية بمصر، حيث تبلغ مساحة الأرض الزراعية حوالى ٨ ملايين من الأفدنة حوالى ٦ مليون فدان بأرض مصر الزراعية القديمة تزرع بمحصولين أو أكثر وحوالى ٢ مليون فدان بأراضى الإصلاخ، حيث تبلغ المساحة المحصولية حوالى ١٤,١ مليون فدان. انتشر بعض المحاصيل في مناطق معينة في الدلتا ومصر العليا لعينات السنين لجودة هذه المحاصيل تحت الظروف المناخية السائدة بهذه المناطق. ونظرا للزيادة المطردة والمستمرة في عدد السكان وإهمال الدولة لقطاع الزراعة في الثلاث عقود الماضية (بدأ من ثمانينات القرن الماضى) فإن الإنتاج الزراعى لمعظم المحاصيل الزراعية لا يكفى لحاجة الإستهلاك المحلى. لذلك نتجه مصر إلى استيراد معظم المحاصيل الإستراتيجية وعلى رأسها محصول القمح. وتعتبر الزراعة المصرية ذات حساسية خاصة لتغيرات المناخ لوجودها في بيئة شبه قاحلة وهشة وتعتمد كما سبق القول على مياه نهر النيل.

ومن المتوقع أن تتأثر الزراعة المصرية بحدوث التغيرات المناخية كالتالى:
(تقرير مصر والتغيرات المناخية ٢٠٠٩)

- ١ - احتمال نقص الإنتاجية الزراعية لبعض المحاصيل نتيجة لتغير درجات الحرارة.
- ٢ - تغير الخريطة الزراعية لبعض المحاصيل بنقلها من مناطق معينة كانت تزرع وتجد بها إلى أماكن أخرى.
- ٣ - زيادة الإستهلاك المائى لزيادة عمليات البخر مواكبا فى ذلك ارتفاع درجة الحرارة.

- ٤ - زيادة معدلات التصحر بالمناطق الهامشية مما يؤدي إلى تأثيرات اجتماعية واقتصادية لهجرة العمالة من هذه المناطق لغيرها الأكثر خصوبة.
- ٥ - إمكانية اختفاء بعض سلالات من الحيوانات المرتفعة الجودة مما يؤثر على الإنتاج الحيواني.

توزيع المياه العذبة

لا يتوزع الماء العذب بالتساوي على سطح الكرة الأرضية، يوجد أكثر من ٢٠٠٠ كم^٣ من مياه الأنهار (٢ ترليون م^٣) تتدفق باستمرار بمنطقة سيبيريا، كندا، الكونغو وأحواض الأمازون بعيداً عن التجمعات السكانية، والمحاولات مستمرة وحثيثة لإعادة توزيعها إلا أن ذلك يحتاج لمبالغ طائلة لنقل كميات ضخمة منها، لقد كانت هناك محاولات لإقامة تصاميم لتبنيات في الصين والهند لنقل المياه من المناطق وفيرة المياه إلى المناطق الأكثر جفافاً مما كان له آثار بيئية بعضها ذو جوانب إيجابية والبعض الآخر ذو جوانب سلبية.

الماء الافتراضي Virtual Water

ويعني به الماء المدفون في المنتج أو البضائع أو السلع. ولقد أطلق مفهوم الماء الافتراضي (Allan (1997 and 1999 والذي يشير فيه إلى حجم الماء المستخدم في إنتاج السلع أو البضائع أو الخدمات أو إن شئت قل الماء المدفون في المنتج الزراعي أو السلع أو البضائع. ويعرف هذا المصطلح من وجهة منظور مواقع الإنتاج بأنه محتوى الماء العذب المستخدم في إنتاج المنتج بقياسه في مكان الإنتاج، بينما يعرف من منظور مواقع الاستهلاك بأنه حجم الماء المطلوب لإنتاج المنتج حيث المكان الذي يستهلك فيه (Hoekstra and Chapagain 2008).

ولا ينبغي النظر إلى الماء الافتراضي على أنه مجرد كمية فيزيائية لمصدر طبيعي مدفون في بضائع أو سلع أو خدمات استهلاكية ولكنها بضائع اقتصادية بتكاليف تختلف في قيمتها وجودتها مكانياً وزمانياً.

بصمة الماء Water footprint

قام (Hoekstra et al 2009) بتعريف بصمة الماء للإنتاج بأنها حجم الماء الكلى المستعمل فى إنتاج المنتج متضمنا جميع العمليات التى استهلك فيها الماء حتى حصاد المحصول بالإضافة الى جميع العمليات الأخرى التى أجريت بعد الحصاد التى تطلبت استهلاك الماء حتى الحصول على المنتج النهائى مصنعا. والماء الذى تمثله بصمة الماء أو بتعبير آخر مسار أثر الماء يزداد عن ما يمثله محتوى الماء الافتراضى (الماء المنقون). وتوجد بصمة للماء الأزرق وبصمة للماء الأخضر وبصمة للماء الرمادى.

حركة المياه فى صورة بضائع وخدمات

لقد وجد أن أفضل السيناريوهات لترشيد المياه وعدالة التوزيع، تحريك الماء عمليا فى صورة ما يعرف بالماء الافتراضى Virtual ونعنى به حركة المياه من المناطق ووفرة المياه إلى مناطق ندرة المياه فى صورة بضائع مصنعة وغذاء أستخدم الماء فى تصنيعها وفى إنتاجها بمعدل ألف كم³ من الماء فى العام (تراليون م³)، وبذلك تستطيع البلدان التى تعاني من الجفاف أن تستخدم القليل الذى يتوافر لديها من الماء فى الشرب والطهى والاعتسالى حتى تستطيع الاستمرار فى الحياة، إلا أن ذلك يتطلب توافر الدخل أو الميزانية التى تمكنها من شراء هذه الأشياء (مثل البترول على سبيل المثال لا الحصر). كما يمكن استخدام المياه الجوفية وتحتية مياه البحر إذا كانت تستطيع تحمل الأعباء المالية التى تستوجب ذلك. أما البلدان التى تعاني من الجفاف والفقر فتزداد معاناتها بدرجة تفوق التحمل.

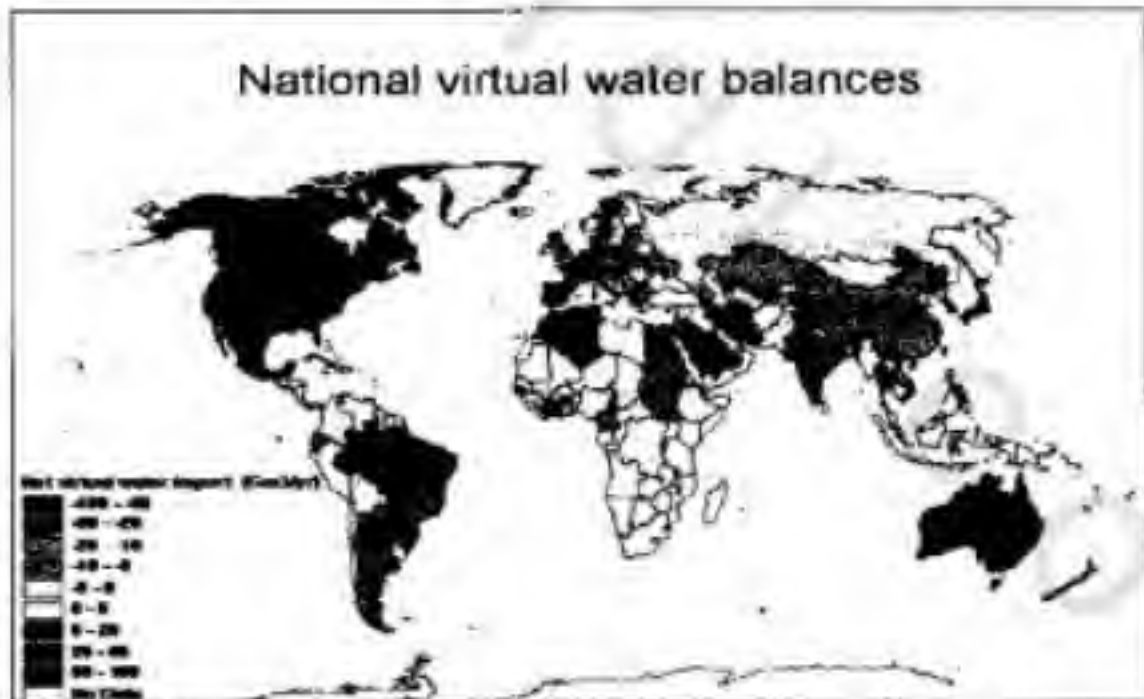
إن من أهم العوامل التى تؤدي إلى زيادة الطلب على الماء وتؤدي إلى تدهوره، الفرق المستخدم بين كمية الماء المدفون فى السلع أو البضائع أو الخدمات، الذى يمثله الماء الافتراضى والماء الذى يستهلك فى مسار أثر الماء أو إن شئت قل بصمة الماء Water footprint والذي يزداد عن حاجة الماء الافتراضى.

لقد أجريت العديد من البحوث لإيجاد أفضل طرق الحصول على الماء وحصاده والعمل على تقليل كميات المياه المضافة (Ferere, 2010) وطرق الري والمحاصيل

المناسبة مع الأخذ في الاعتبار آليات السوق وأكثر السلع إقبالاً من المستهلكين فمثلاً لا تقف كل السلع على قدم المساواة من حيث أهميتها التسويقية كما هو الحال في القمح والزيوت واللحوم والسيارات وعليه فإن المياه الداخلة في إنتاج أو إن شئت قل المدفونة في هذه السلع المصدرة تختلف نتيجة لجودة البضائع واقتصادياتها ومكانها والطلب عليها.

ويوضح شكل (٢-١) خريطة تبين الإتران القومي للماء الفعلي بالبلدان المختلفة بأنحاء الكرة الأرضية. حيث توضح حجم الماء الفعلي المستورد بالمناطق المختلفة من العالم، فيوضح اللون الأبيض عدم وجود أي بيانات. اللون الأحمر بدرجاته من الفاتح إلى الغامق والأخضر بدرجاته من الفاتح إلى الغامق ما يأتي:

يقع حجم الماء الفعلي المستورد والذي يمثله اللون الأحمر بدرجاته المختلفة من الأفصح إلى الأغمق في المدى من صفر إلى ١٠٠ جم/سنة (من صفر إلى ٥، ٥ إلى ٢٥، ٢٥ إلى ٥٠، ٥٠ إلى ١٠٠). واللون الأخضر بدرجاته المختلفة من الأفصح إلى الأغمق يقع في المدى من صفر إلى ١٠٠- جم/سنة (من صفر إلى ٥-، ٥- إلى ١٠-، ١٠- إلى ٢٥-، ٢٥- إلى ٥٠-، ٥٠- إلى ١٠٠-).



شكل (٢-١) الإتران القومي للماء الفعلي بالبلدان المختلفة بأنحاء الكرة الأرضية

ألوان المياه

إن الماء الافتراضي وكذلك بصمة الماء تتضمن ثلاث ألوان تشير إلى ثلاث أنواع من المياه هي الماء الأخضر والماء الأزرق والماء الرمادي ويمكن توضيحه في الآتي:

- الماء الأخضر Green Virtual Water: ويعني محتوى الماء الأخضر للمنتج، حجم ماء المطر الداخل في إنتاج المنتج والذي يتبخر أثناء عملية الإنتاج (Hockstra and Chapagain, 2008) وهذا الماء له علاقة بالمنتجات الزراعية والتي تشير إلى كمية المياه المخزنة بالتربة على صورة رطوبة أرضية وتتبخر من الحقل أثناء نمو المحصول متضمنة عمليتي النتح- بخر من النباتات والبخار من التربة.

- الماء الأزرق Blue Virtual Water: ويعني محتوى الماء الأزرق للمنتج، حجم الماء السطحي أو الجوفي والذي يتبخر نتيجة لعملية إنتاجه (Hockstra and Chapagain, 2008). وفي حالة الإنتاج الزراعي فإن تعريف الماء الأزرق للمحصول يشير إلى حجم الماء الذي يتبخر من مياه الري من التربة والقنوات المائية والخزانات المائية الصناعية المستخدمة في إمداد أرض المحصول بماء الري. أما بالنسبة للماء الأزرق المستخدم في إنتاج السلع الصناعية والإستخدام الأدمى أو الخدمات فإن محتوى الماء بالسلع والخدمات يكون مساوياً للماء المسحوب من كل من الماء الجوفي والماء السطحي والذي يتبخر ولكنه لا يعود إلى مصدره مرة أخرى.

ويتبعى التنويه هنا إلى أن كثير من المحاصيل المروية تستقبل أيضاً مياه من الأمطار لذلك فعادة ما تكون المتطلبات المائية لهذه المحاصيل كافية لإنتاجها.

- الماء الرمادي Gray Virtual Water: وهو عبارة عن حجم الماء العذب المماثل للملوثات (التي أصابت النظام المائي الطبيعي) اللازم للوصول إلى المعيار الطبيعي لجودة الماء إلى الحد الذي تظل المياه في حدود معايير الجودة المسموح بها، وهو مدلول على حجم تلوث الماء العذب.

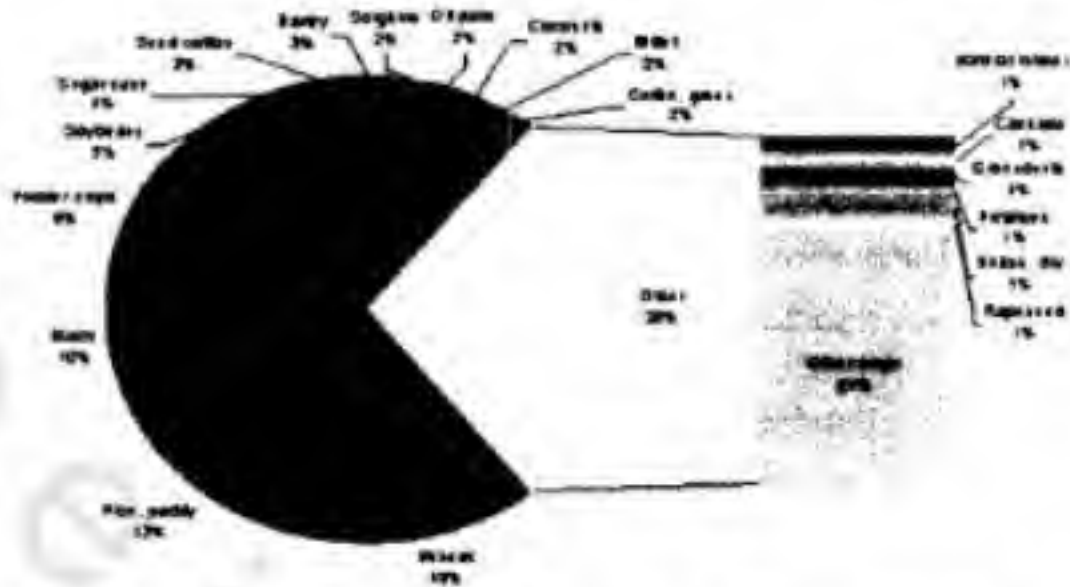
العلاقة بين بصمة الماء والإنتاج الزراعى

لقد كان Hoekstra عام ٢٠٠٣ أول من أدخل مصطلح بصمة الماء ذاكراً عام ٢٠٠٨ (Hoekstra and Chapagain, 2008) العلاقة بين الاستهلاك المائى للإنسان والتمتاع من الماء العذب للكرة الأرضية وكان قد سبقه فى ذلك Hoekstra and Hung (2002) فى القول بأنه المؤشر الأساسى لاستهلاك الماء المستخدم.

تستعمل بصمة أى محصول بمجرد خصائه كأساس لحساب بصمة المنتج الأولى وجميع مكوناته وقت الحصاد بالإضافة إلى بصمة الماء المستخدم فى جميع طرق وخطوات تصنيعه أو استخدامه النهائى.

لذلك تختلف بصمة المحصول المنتج أولاً ومشتقاته مغوياً تبعاً لاختلاف المحاصيل ومناطق الإنتاج. ويختلف متوسط بصمة الماء لطن من المحصول الأولى باختلاف المحاصيل ومناطق الإنتاج. فالمحصول عموماً ذو المنتج الأولى والمكونات المرتفعة من منتج الكتلة الحيوية التى يتم حصادها تتميز ببصمة مائية صغيرة لكل طن مثلاً المحاصيل المنتجة للبن، الشعير، الكولا، التبغ، العطار، المكسرات، الكاوشوك والألياف. على حين أن محاصيل الغذاء يختلف متوسطها العالمى لبصمة ماء المنتج محسوبة على أساس متر مكعب للطن، حيث يزداد بداية من محاصيل السكر (٢٠٠)، الخضراوات (٣٠٠)، المحاصيل الجذرية والذرية (٤٠٠)، الفاكهة (١٠٠٠)، النجيليات (١٦٠٠)، محاصيل الزيوت (٢٤٠٠)، محاصيل البقول (٤٠٠٠)، نباتات العطارة (٧٠٠٠) والمكسرات (٩٠٠٠). وتختلف الصورة إذا تم حساب البصمة المائى لكل كجم/كالورى.

وبوضح شكل (٣-١) مدى مساهمة البصمة الكلية للماء فى إنتاج المحاصيل المختلفة فى الفترة الممتدة من ١٩٩٦-٢٠٠٥ كما ذكر كل من Mekonnen and Hoekstra (2011)

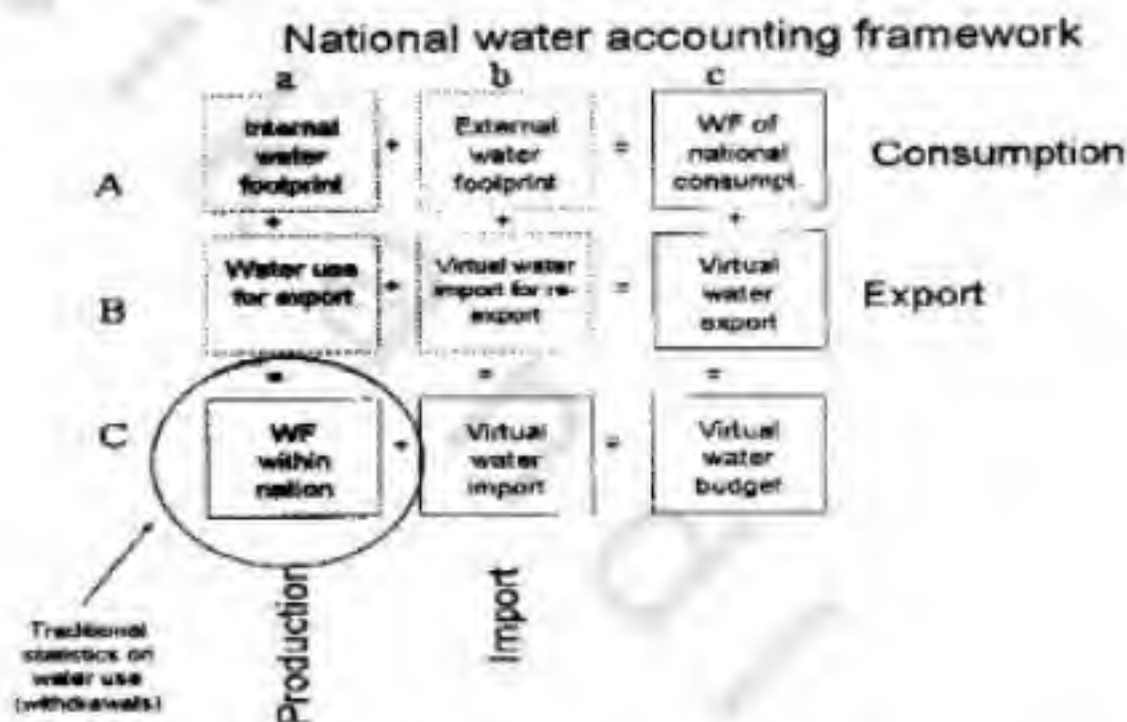


شكل (٣-١) مدى مساهمة البصمة الكلية للماء في إنتاج المحاصيل المختلفة في الفترة الممتدة من ١٩٩٦-٢٠٠٥

الميزانية الفعلية للماء

يعرف بصمة الماء للأفراد والمجتمعات بأنه الحجم الكلي للماء العذب الذي يستهلك في إنتاج البضائع وأداء الخدمات التي تستهلك بواسطة الأفراد أو المجتمعات (Hoekstra and Chapagain, 2008). ويشتمل هذا المصطلح على مكونين الأول داخلي Internal water footprint وهو عبارة عن حجم الماء الذي يستهلك محلياً بواسطة السكان المحليين من المصادر المائية المحلية لإنتاج البضائع وأداء الخدمات (Hoekstra and Hung, 2005). والثاني خارجي External water footprint وهو عبارة عن حجم الماء المستعمل في بلدان أخرى لإنتاج البضائع والخدمات المستوردة والمستهلكة بواسطة سكان هذه البلاد (المستوردة). ويمثل حاصل جمع كل من المكون الداخلي والمكون الخارجي للبصمة المائية البصمة المائية للاستهلاك المحلي. ويمثل حاصل جمع الماء المستعمل في التصدير وماء الاستيراد الافتراضي لإعادة التصدير مكون ماء التصدير الفعلي. وتتحدد الميزانية المائية الفعلية للدولة بحاصل جمع البصمة المائية القومية للاستهلاك وماء التصدير الفعلي (شكل ٣-١).

حيث يوضح الاتجاه الأفقي كيفية الحصول على مقدار ماء الاستهلاك (الصف الأول A) وماء الاستيراد (الصف الثاني B) وذلك بإيجاد حاصل جمع كل من بصمة الماء الداخلية وبصمة الماء الخارجية في الحالة الأولى (بصمة الماء القومي للاستهلاك) وحاصل جمع كل من مقدار الماء المستخدم في التصدير ومقدار الماء الافتراضي للاستيراد الذي من الممكن استخدامه في إعادة التصدير في الحالة الثانية (ماء التصدير الافتراضي). أما الصف الثالث C فيوضح كيفية الحصول على الميزانية الافتراضية للماء وتنتج من حاصل جمع كل من البصمة المائية للدولة وماء الاستيراد الافتراضي.



شكل (1-1): تحديد الميزانية المائية الفعلية

ونقاس كميات المياه المعبرة عن الإنتاج والاستيراد عن طريق مكونات الأعمدة حيث يعبر العمود الأول a على مقدار الماء المنتج وذلك بحساب حاصل جمع كل من بصمة الماء الداخلية ومقدار الماء المستخدم في التصدير لإعطي كمية الماء المنتج (البصمة المائية للدولة)، أما العمود الثاني b فيعبر عن مقدار الماء المستورد وذلك بحساب حاصل جمع كل من بصمة الماء الخارجية ومقدار الماء الافتراضي للاستيراد الذي من الممكن استخدامه في إعادة التصدير (ماء الاستيراد الافتراضي).

ويمكن للأمم الاستفادة بتصدير السلع من هذا التبادل إذا تم التركيز على إنتاج السلع والخدمات التي توفر لهم الميزة النسبية المرتفعة واستيراد السلع والخدمات التي لا توفر لهم ميزة نسبية. ونظراً لاعتماد استعمال الماء على العديد من العوامل كالتغيرات الكوبية التي تتضمن التغيرات المناخية والنمو السكاني والتغيرات الاجتماعية ومطالب الأنشطة الأخرى للقطاعات المختلفة مثل إنتاج الطاقة والنظم البيئية Ecosystem. من هنا فإن تأثير بصمة الماء على نمو الاقتصاد لا يكون بسيطاً.

إن العالم يمر الآن بمنتصف أزمة اقتصادية طاحنة تشكل المستقبل لحياة البشر لملايين السنين. يناقش مفكرو العالم وقادته ما يخص مستقبل النظام المالي في ظل التغيرات الطبيعية التي تحدث بالعالم بعد أن بلغ تعداد سكانه ما يقرب من ٧ مليار من البشر يعيشون على سطحه يشكلون ويؤثرون في موارده ويتشاورون في كيفية إدارة الموارد الأرضية الطبيعية وكيفية إدارة مصادر المياه التي تمثل أكثر الموارد قيمة والتي تتحكم في نوعية الحياة على سطح الكرة الأرضية. ولقد اتضح للبعض بعض هذه الأخطار قبل وقوع الأزمة الاقتصادية ومحاولة دق ناقوس الخطر إلا أن الأغلبية لم تعبأ بذلك، الآن وقد اتضح للجميع حجم المشكلة مذكين أن هذه الأزمة ستكون أكثر قسوة إن لم يتم التعامل معها بسرعة وجدية وفاعلية للحفاظ على مصادر المياه بإدارة أكثر كفاءة من خلال رفع القدرة الإنتاجية للمياه وتقليل حجم المياه المستخدمة في مسار أثر الماء أو بصمة الماء.

إن من أهم مقترحات تجنب إفلاس المياه إنشاء بنوك لتخزين المياه بالبحيرات الصغيرة، حصاد مياه الأمطار، خزانات، وخزانات للمياه الجوفية. ومن الممكن استخلاص قيم أكبر من كل قطرة مياه بتنوع وتحسين إنتاج المحاصيل، تعدد نظم استخدام المياه وإدارة استخدام النظم البيئية المختلفة. بالإضافة إلى القدرة على تحسين معلومات تدفق المياه وتفعيل القوانين المنظمة لتحسين توزيع المياه وأخيراً وضع إستراتيجيات أفضل لاستغلال الري وتوابع عملياته أثناء تتبع مسار أثر الماء (بصمة الماء) بأسرع ما يمكن. لقد أصبحت الأزمة العالمية لنقص الماء بالنسبة لسكان الأرض حقيقة دامغة ينبغي التعامل معها بشكل فعال من خلال التحرك السريع للتغلب على الإفلاس المائي بإجراء البحوث وتطبيقها لتقليل الاستهلاك المائي، من أجل ذلك

فقد قامت كثير من منظمات قطاعات الأعمال الخاصة بقياس حجم المياه التي يحتاجون إليها لإنتاج البضائع التي يبيعونها مع الأخذ في الاعتبار الحفاظ على استمرارية الآلة الجبارة للاقتصاد العالمي حتى تكون هناك حلول عملية للحد من الاستهلاك المائي دون التأثير على النشاط الإقتصادي مع تحديد معييرات و عيوب السيناريوهات المطروحة للمجتمعات والأفراد.

ولقد وضع المعهد الدولي لإدارة المياه بعض الخطوات (IWML ٢٠٠٩) كمنهج للأبحاث التي أجريت والتي تركز على أهمية الإدارة الجيدة للاستغلال الجيد لمندرة المياه بتقليل حجم المياه المستنفذة في مسار أثر الماء (البصمة المائية).

١. التعرف على المادة الخام التي ستستخدم في إنتاج المنتج حتى يمكن التحكم في حجم الماء المستهلك في مسار أثر الماء.

٢. تقدير حجم استعمال كل من المادة الخام والمنتج النهائي للماء.

٣. معرفة مصدر الماء المستعمل للإنتاج وتأثيرات إنتاجه. هل من البحيرات أم من الأنهار أم من خزانات أو من مياه جوفية، هل من مياه الري (مياه زرقاء) أو من مياه الأمطار (مياه خضراء)، هل تأتي من بلدان تعاني من أجهادات المياه أم من بلدان تتوافر بها المياه ؟

حجم كمية الماء العذب المستهلك في إنتاج بعض السلع

يمكن القول أن أثر الماء العذب أو بصمة الماء هي الصلة بين استهلاك الماء في مكان ما وأثره على النظام المائي في مكان آخر.

تم حساب كميات المياه التي استهلكت لإنتاج بعض السلع في صورتها النهائية (بصمة الماء) والتي تزيد عن الماء الإقتراضي Virtual Water وفيما يلي بعض الأمثلة على ذلك:

يلزم ٢٧٠٠ لتر من الماء العذب لإنتاج قميص واحد من القطن، كما يلزم ٢٤٠٠ لتر من الماء العذب لإنتاج ساندويتش واحد من الهامبورجر و ١٨٠ لتر لإنتاج حبة واحدة من الطماطم (شكل ١-٥). كما يتطلب ١٤٠ لتر من الماء العذب لإنتاج قذح واحد من القهوة و ١٠ لتر من الماء العذب لإنتاج عدد ورقة واحدة.

قائمة المراجع

- مرمي م. ع.، ونورالدين نعمت ع. (١٩٧٧). رى محاصيل الحقل، مكتبة الأجلو المصرية، القاهرة، مصر ٢٢٢ صفحة.
- تقرير مصر والتغيرات المناخية (٢٠٠٩). وزارة الدولة لشئون البيئة، وحدة التغيرات المناخية.
- Allan, J.A. (1997). Water Issues Group. School of Oriental and African Studies, University of London, London.
- Allan, J.A. (1999) Aridlands Newsletter (on line) Available from <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/ala45/allan.html>
- Fereres, F. (2010) In Garrido, A. Ingram, H. (eds). Water for Food in a Changing World. Routledge, in press.
- Gleick, P.H. (2000). Water Int. 25(1), 127-138.
- Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. (2002). Value of Water Research Report Series No 11, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands
- Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. (2005). Global Environmental Change, 15(1) 45-56
- Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2008) Globalization of Water Sharing the Planets Freshwater Resources. Blackwell, Oxford.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2009) www.waterfootprint.org
- International Water Manage Institute (IWMI) (2009). Water Foot Printing Report Managing our liquid Assets
- Liu, J., Yang, H. and Savenijem, H.H.G. (2008) Nature, 454, p 397
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011) Twente Water Center, Univ. Twente, Enschede, The Netherlands. Pub. Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.
- Perry, C. (2007) Irrig Drain, 56, 367-378